



CENTRE DE ROCQUENCOURT

Institut National
de Recherche
en Informatique
et en Automatique

Domaine de Voluceau
Rocquencourt
B.P. 105
78153 Le Chesnay Cedex
France
Tél: 954 90 20

Rapports Techniques

N° 7

EFFET DE VARIATIONS DE LA FORME DU CODAGE SUR L'ÉVALUATION DE LONGUEURS

Pierre FALZON

Novembre 1981

GROUPE DE PSYCHOLOGIE ERGONOMIQUE

EFFET DE VARIATIONS DE LA FORME
DU CODAGE SUR L'EVALUATION DE LONGUEURS

Pierre FALZON

CO 8107 R67

Cette expérience a été menée dans le cadre des études réalisées par le Groupe de Psychologie Ergonomique de l'INRIA pour le Centre d'Expérimentation de la Navigation Aérienne, sous contrat avec la Direction de la Navigation Aérienne (D.G.A.C.).

RESUME

Cette étude s'inscrit dans le cadre du problème du codage de l'image radar pour les contrôleurs du trafic aérien. Son objectif est de mesurer l'effet de la variation de différents caractères graphiques de symboles sur l'évaluation de la distance entre ces symboles.

Les variables prises en compte sont : la distance entre les symboles, la pente de cette distance, la taille, la forme, le point de référence et l'opacité des symboles.

Les résultats indiquent que :

- L'erreur croît si :
 - . la distance à évaluer augmente
 - . la pente de la distance (par rapport à l'horizontale) augmente
 - . la taille des symboles (cercles) augmente
 - . l'évaluation est faite entre les centres des symboles (cercles) plutôt qu'entre les bords.
- L'erreur varie en fonction de la forme (triangle, carré, cercle) : le cercle donne lieu aux erreurs les plus importantes, le triangle aux erreurs les plus faibles.
- L'opacité n'a pas d'effet sur la performance.

SUMMARY

This study considers the problem of the encoding of the radar image in air traffic control. The experiment explores the effects of different symbolisms on the evaluation of the distance between the symbols.

The factors of the experiment are : the distance between the symbols, the slope of this distance, the size, form, reference point and opacity of the symbols.

The results indicate that :

- The error increases with :
 - . the distance to be evaluated
 - . the slope (resp. to the horizontal) of the distance
 - . the size of the symbols (circles).
- The error increases if the reference point is the center of the symbols rather than the limits of the symbols (circles).
- The form factor has an effect on performance : the error is more important with circles than with squares, and more important with squares than with triangles.
- Opacity has no effect on performance.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
I - PRESENTATION DE L'EXPERIENCE	1
A. La tâche expérimentale	1
B. Variables étudiées	1
1. La pente	1
2. La taille et le point de référence	1
3. La forme	2
4. L'opacité	2
5. La longueur à évaluer	3
C. Variables mesurées	4
D. Population	4
E. Matériel	4
F. Passation	5
G. Traitement des données	7
II - RESULTATS	8
A. Effet de la longueur à évaluer pour l'ensemble des situations	8
B. Effet de la pente	11
C. Effet de la taille et du point de référence	12
D. Effet de la forme	14
E. Effet de l'opacité	16
III - CONCLUSION	17
BIBLIOGRAPHIE	19
ANNEXES	20

INTRODUCTION

Cette étude s'inscrit dans le cadre des recherches sur la présentation de l'information sur écran radar.

Dans le cas du contrôle aérien, le codage a deux fonctions :

- il véhicule une information, un contenu
- il sert de support à des opérations perceptives : les symboles du code, indépendamment de leur signification, permettent d'effectuer des évaluations (de distance relative par exemple) nécessaires pour certaines phases du travail (diagnostic de conflit notamment).

Il est donc nécessaire, avant de modifier les caractéristiques du code (par exemple pour permettre la symbolisation de nouveaux contenus) d'étudier les incidences de ces modifications sur les opérations perceptives effectuées au cours du travail.

I - PRESENTATION DE L'EXPERIENCE

A. La tâche expérimentale

Sur chaque stimulus présenté apparaissent deux symboles (identiques) et un étalon.

La tâche du sujet est d'évaluer la distance entre les deux symboles, en référence à l'étalon.

Les caractéristiques de l'étalon (longueur, orientation, position,...) sont maintenues stables pendant l'expérience.

B. Variables étudiées

En raison du grand nombre de variables étudiées, le plan expérimental n'est pas complet (1) ; certaines variables ne sont étudiées que pour certains niveaux des autres variables qui seront précisés dans chaque cas.

1. La pente

La longueur à évaluer a trois orientations (par rapport à l'horizontale) : 30°, 60° et 90°.

L'étalon étant lui-même horizontal, il s'agit de pentes par rapport à la fois à l'horizontale et à l'étalon.

(1) Un plan expérimental complet aurait nécessité 982 situations-problèmes.

Le symbole utilisé est un cercle de taille moyenne, de type périmètre, avec un point de référence central.

Neuf longueurs à évaluer sont présentées.

2. La taille et le point de référence

Trois tailles ont été utilisées (pour des symboles circulaires). Les diamètres des cercles sont : 2,5 et 10 unités. La taille la plus petite correspond à la taille des symboles en situation réelle de travail.

Les points de référence sont les points qui bornent les longueurs à évaluer. Deux cas sont distingués :

- évaluation de la longueur séparant les centres des symboles ; dans ce cas, le centre du symbole est marqué par un point.
- évaluation de la longueur séparant les bords les plus proches des symboles.

Les symboles sont des cercles de type périmètre. Les neuf longueurs à évaluer sont présentées sous une pente de 30°.

3. La forme

Trois formes sont considérées : cercle, carré, triangle. Le diamètre du cercle est égal à cinq (cercle de taille moyenne). Les surfaces du cercle, du carré et du triangle sont égales.

Les symboles sont de type périmètre, avec point de référence central ; la pente des neuf longueurs à évaluer est de 30°.

4. L'opacité

Cette variable a deux niveaux :

- . forme pleine (surface)
- . forme vide (périmètre)

Les symboles sont des cercles, de taille moyenne ; le point de référence est le bord du symbole. La pente des neuf longueurs à évaluer est 30°.

5. La longueur à évaluer

Les neuf longueurs à évaluer varient de 12 à 60 et sont en progression géométrique. La longueur minimale a été choisie pour éviter le recouvrement des plus gros symboles, qui aurait introduit un facteur de variation supplémentaire. La limite supérieure a été choisie de manière à garder un caractère de vraisemblance à la tâche (par rapport à la situation réelle de contrôle).

On obtient donc les onze types de situations présentées à la figure 1. Pour chaque case de cette figure, neuf stimuli sont présentés, correspondant aux neuf longueurs à évaluer. Il y a donc 99 stimuli.

Evaluation entre les
bord des symboles

Evaluation entre les
centres des symboles












		F O R M E S						
		Cercle			Carré	Triangle		
TAILLE	Petite		 8	 6			30°	Pente
	Grande		 9	 7				
	Moyenne	 11	 10	 1	 4	 5		
				 2			60°	
				 3			90°	
			Surface	Périmètre				
		Opacité						

Figure 1 : Les onze types de situations

C. Variable mesurée

La variable mesurée est l'évaluation numérique des longueurs présentées par les sujets.

D. Population

Trente-cinq sujets, non-contrôleurs (étudiants de psychologie) ont participé à l'expérience.

E. Matériel

Les stimuli, diapositives en négatif, étaient projetés sur un écran. Les symboles et l'étalon apparaissaient à l'intérieur d'un cercle, de manière à éviter les effets de référence aux côtés de l'écran.

L'étalon était situé dans la partie inférieure de ce cercle. De même que les longueurs à évaluer sont en fait des espaces vides entre deux points de référence, l'étalon est un espace vide entre deux points.

De manière à homogénéiser les positions des longueurs à évaluer par rapport à l'étalon, le milieu de ces longueurs est toujours situé au centre du cercle d'inscription, à la verticale du milieu de l'étalon.

La taille de l'étalon a été choisie en tenant compte de deux critères :

1. Les résultats d'une étude antérieure (ENARD, 1971) indiquent que, dans le cas où la longueur à évaluer n'est pas située sur l'étalon, la variation des estimations est moindre avec une graduation de 10 ou 20 NM. Ce type de graduation est donc préférable, puisqu'il permet de limiter l'effet du facteur "taille de l'étalon" (facteur qui n'est pas pris en compte dans cette étude).
2. Dans les études de psychophysique utilisant des méthodes d'évaluation numérique directe, le stimulus étalon est généralement choisi vers le milieu de la série des stimuli (H. PIERON, 1969).

La taille de l'étalon a donc été fixée à 20 NM.

Le diamètre du cercle d'inscription représentait une distance de 120 NM.

Le symbolisme de chaque diapositive était homogène (deux symboles de même taille, de même forme, etc.).

Un exemple de diapositive est donné en annexe 1.

F. Passation

La passation a eu lieu en groupe. Les sujets étaient assis à des distances variables de l'écran, mais de sorte que les angles visuels sous-tendus par le diamètre du cercle d'inscription des stimuli ne varient qu'entre 14° et 20° (entre 14° et 17° pour la majorité des sujets).

Remarque : Le diamètre du cercle d'inscription représentait 120 NM. En situation de travail, une distance de 120 NM sous-tend un angle visuel qui varie entre 12° et 19° (mesures effectuées au CCR Nord) (A. BISSERET et J. NOBEL, 1975. B. HALLIEZ et M. LE GUILLOU, 1980). On peut donc considérer que les angles visuels lors de l'expérimentation correspondent aux angles visuels de la situation de travail.

La consigne est donnée en annexe 2.

La passation est divisée en trois parties. Avant chaque partie, on présentait aux sujets les symboles qui seraient projetés et on rappelait la consigne. Dix diapositives d'essai étaient ensuite projetées (pour lesquelles les réponses n'étaient pas recueillies). Pendant la période d'essai et pendant l'épreuve elle-même, les diapositives étaient renouvelées toutes les dix secondes, sans intervalle entre elles. Les sujets notaient leurs réponses sur des feuilles conçues à cet effet.

1ère partie : symbole constant (cercle de taille moyenne)
variation de la pente - évaluation entre les centres.

2ème partie : évaluation entre les centres pour des cercles de taille différente, des carrés et des triangles - pente constante.

3ème partie : évaluation entre les bords des symboles pour des cercles de taille différente et d'opacité différente - pente constante.

Dans chaque partie, les diapositives étaient présentées dans un ordre aléatoire.

Remarques : La passation ayant eu lieu en groupe, l'ordre est aléatoire, mais constant pour l'ensemble des sujets. Ceci peut entraîner deux types de biais :

1. Il pourrait y avoir un effet d'apprentissage : les sujets répondraient alors "de mieux en mieux" au cours de l'expérience. Cet effet n'est toutefois possible que si les sujets peuvent évaluer leurs réponses passées de manière objective. Or, dans le cas d'une tâche perceptive et alors que l'expérimentateur ne fournit pas la bonne réponse, une évaluation objective n'est pas possible.

2. Il pourrait y avoir un effet d'ordre : toutefois, le grand nombre de longueurs présentées pour chaque type de situation et le caractère aléatoire de leur distribution limite la portée de ce biais. La cohérence importante des résultats confirme cette hypothèse.

G. Traitement des données

Les deux observations précédentes permettent de considérer que les différentes situations-problèmes sont indépendantes les unes des autres. Il est donc possible de sélectionner des sous-groupes de ces situations en fonction des variables étudiées et de traiter les réponses pour ces sous-groupes indépendamment des autres réponses.

Trois types de traitement des données sont effectués.

Soient R la réponse et S la valeur du stimulus ; seront présentés :

1. La valeur absolue de l'erreur : $|R - S|$
2. La valeur absolue du taux d'erreur : $\left(\frac{|R - S|}{S} \right)$
3. Le taux d'erreur : $\frac{R - S}{S}$

Les données transformées de type 1 et 2 ont été traitées par analyse de variance (pour un groupe de sujets et deux facteurs appareillés). Les résultats de l'analyse de variance sur

données de type 2 ne seront rapportés toutefois que dans les cas où ils apportent une information supplémentaire.

Les données de type 3 permettent d'apprécier le sens (positif ou négatif) de l'erreur d'évaluation.

II - RESULTATS

A. Effet de la longueur à évaluer pour l'ensemble des situations

Le facteur longueur a un effet significatif sur l'erreur absolue (cf. annexe 3 et tableau 1). L'erreur croît avec la longueur à évaluer, mais cette erreur est moins forte pour les longueurs dont les valeurs sont proches de la taille de l'étalon. Cet effet de l'étalon est particulièrement net si l'on considère le taux d'erreur absolue. L'effet de la longueur est toujours significatif (cf. annexe 4 et tableau 1), mais il est principalement dû à la baisse du taux d'erreur absolue pour les longueurs de tailles proches de celles de l'étalon (cf. figure 2).

Il y a donc un double effet :

- un effet de la longueur à évaluer
- un effet de l'étalon

Ces deux effets se retrouvent sur les taux d'erreur relative (cf. tableau 1). Ces taux d'erreur relative étant toujours positifs, les erreurs sont en moyenne des surestimations.

Ces trois résultats (effet de la longueur, effet de l'étalon et tendance à la surestimation) apparaissent quels que soient les types de situations-problèmes.

L'effet de la longueur est toujours significatif.

L'effet de l'étalon apparaît pour toutes les situations-problèmes (sauf toutefois pour le grand cercle avec point de référence sur les bords). Les erreurs sont toujours des surestimations. On n'exposera donc pas, dans la suite de ce texte, l'effet de la longueur pour chaque sous-groupe de situations.

LONGUEURS A EVALUER (en NM)									
	12.0	14.7	18.0	22.0	26.8	32.8	40.1	49.0	60.0
Erreur absolue (en NM)	3.2	2.99	2.65	3.91	4.80	6.9	7.67	10.28	13.34
Taux d'erreur absolue (en %)	26.68	20.38	14.78	17.85	17.91	21.05	19.11	20.96	22.23
Taux d'erreur relative (en %)	18.83	18.18	12.81	10.47	10.72	12.68	12.18	13.64	17.16

Tableau 1 : Résultats moyens selon les longueurs à évaluer
(pour l'ensemble des situations et des
sujets)

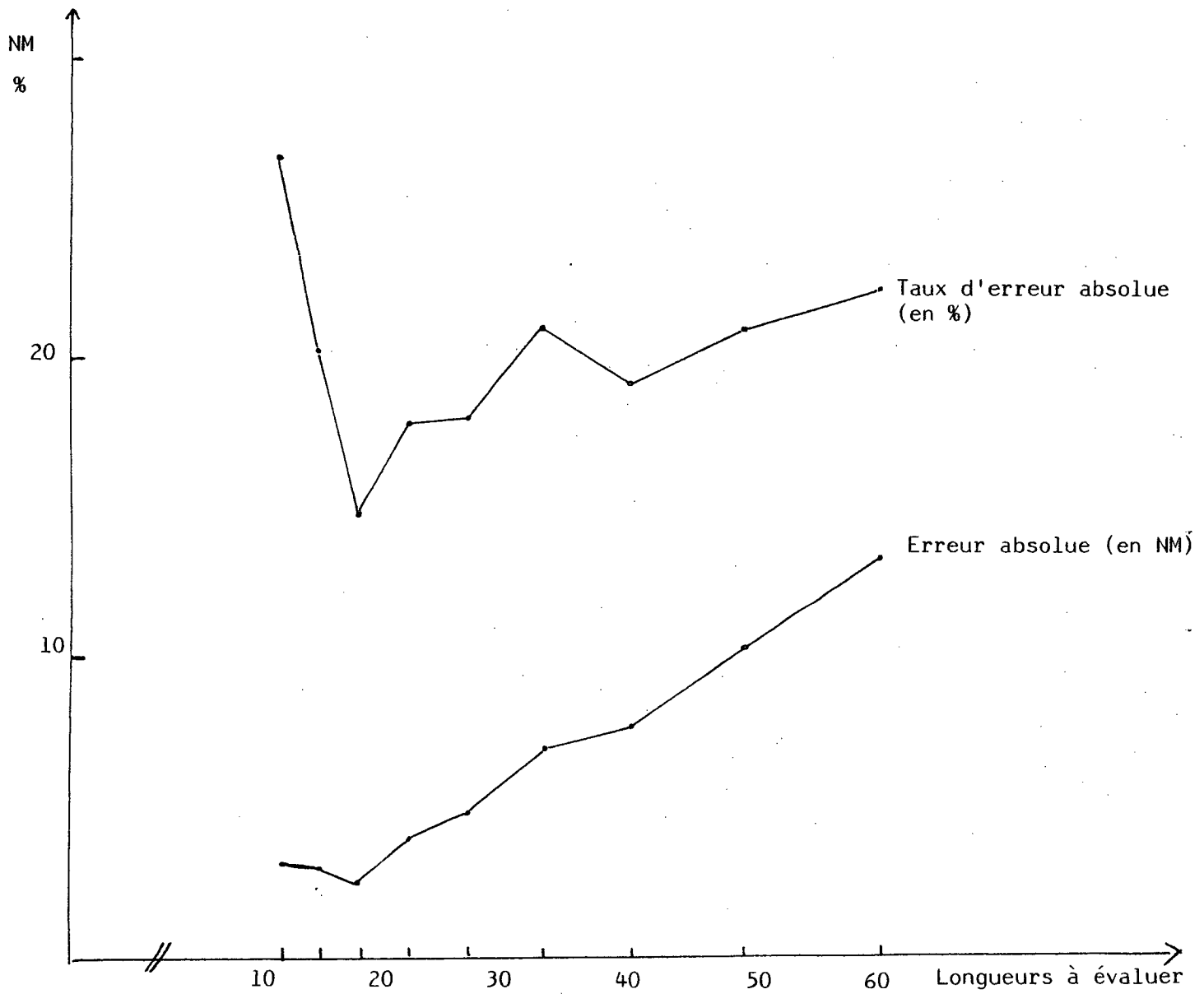


Fig. 2 : Graphes des résultats moyens selon les longueurs à évaluer (pour l'ensemble des situations et des sujets)

B. Effet de la pente

L'effet de la pente (30° , 60° , 90°) a été mesuré sur un symbole circulaire de taille moyenne, de type périmètre, avec point de référence central (cases 1,2,3 de la figure 1).

La pente a un effet significatif (cf. annexe 5). L'erreur croît avec l'augmentation de la pente (cf. tableau 2).

L'interaction entre longueurs à évaluer et pentes n'est pas significative.

	30°	60°	90°
Erreur absolue (en NM)	6.62	7.05	8.1
Taux d'erreur absolue (en %)	19.6	21.87	24.67
Taux d'erreur relative (en %)	10.5	13.37	16.37

Tableau 2 : Résultats moyens selon les pentes
(pour l'ensemble des longueurs et
des sujets)

Ces résultats diffèrent de ceux obtenus par ENARD (op. cit.), qui n'observait pas d'effet significatif de l'angle par rapport à l'étalon.

Toutefois, deux remarques peuvent être faites :

- la population étudiée par ENARD était composée de contrôleurs expérimentés, dont on peut penser qu'ils ont acquis une habileté dans l'estimation des longueurs.

- d'autres études (notamment J. PIAGET et INHELDER, 1966 ; KUNNAPAS, 1958) ont démontré l'existence d'un effet de surestimation systématique des verticales par rapport aux horizontales. On retrouve dans ces études un effet similaire à celui qui est mesuré ici.

L'effet constaté peut donc être dû à la fois à l'accroissement de l'écart angulaire et à la surestimation des verticales par rapport aux horizontales.

C. Effet de la taille et du point de référence

L'effet de la taille (symboles de 2,5 et 10 NM de diamètre) et du point de référence (centres ou bords proches des symboles) a été mesuré sur des cercles de type périmètre, présentés sous une pente de 30° (1).

Les résultats de l'analyse de variance sont donnés en annexe 6.

L'effet de la taille est significatif. L'erreur croît avec la taille du symbole (cf. tableaux 3,4 et 5), quel que soit le point de référence. Les taux d'erreur relative sont positifs (surestimations). On peut donc penser qu'il y a un effet de la longueur maximum entre les symboles (c'est-à-dire la longueur entre les bords les plus éloignés des cercles).

Le facteur "point de référence" a un effet significatif. Les évaluations entre les centres donnent lieu à des erreurs absolues plus fortes que les évaluations entre les bords proches.

Ce dernier point peut sembler en contradiction avec le paragraphe précédent. En effet, si l'effet de la taille résulte d'un effet de la distance maximum, l'erreur absolue devrait être plus forte pour les évaluations entre bords que pour les évaluations entre centres.

Cette contradiction peut être interprétée de la manière suivante : du fait de la "force" (au sens de la théorie de la forme) du symbole cercle, il est difficile d'évaluer à partir des centres des symboles, en "oubliant" le reste de la figure.

(1) Cases 6,7,8,9,10 et 1 de la figure 1.

	○	○	○
Evaluation entre les centres	5.57	6.62	6.94
Evaluation entre les bords proches	4.24	5.76	6.73

TABLEAU 3 : Moyennes des erreurs absolues en fonction de la taille et du point de référence, en NM (pour l'ensemble des longueurs et des sujets)

	○	○	○
Centres	17.01	19.62	23.0
Bords proches	14.08	19.33	22.0

TABLEAU 4 : Moyennes des taux d'erreur absolue en fonction de la taille et du point de référence, en % (pour l'ensemble des longueurs et des sujets)

	○	○	○
Centres	9.28	10.5	16.86
Bords proches	8.5	14.85	18.87

Tableau 5 : Moyennes des taux d'erreur relative en fonction de la taille et du point de référence, en % (pour l'ensemble des longueurs et des sujets)

C'est la prégnance de la périphérie qui rend la tâche difficile, et qui provoque des erreurs.

On peut noter en outre que l'effet du point de référence est particulièrement sensible pour les symboles les plus petits, dont la taille correspond à la taille des symboles en situation de travail.

Il n'y a pas d'effet d'interaction entre taille et point de référence.

D. Effet de la forme

L'effet de la forme a été mesuré sur des symboles de surface égale, de taille moyenne, de type périmètre, avec point de référence central, présentés sous une pente de 30° (cases 1,4 et 5 de la figure 1).

L'effet de la forme est significatif ; l'interaction entre longueurs à évaluer et formes n'est pas significative (cf. annexe 7).

L'erreur la plus faible est observée pour les triangles, la plus forte pour les cercles (cf. tableau 6).




			
Erreur absolue (en NM)	5.33	6.15	6.62
Taux d'erreur absolue (en %)	17.5	18.84	19.62
Taux d'erreur relative (en %)	8.76	9.44	10.5

TABLEAU 6 : Résultats moyens selon les formes
(pour l'ensemble des longueurs et
des sujets)

Ces résultats peuvent être interprétés de la manière suivante : on a vu que l'accroissement de la taille (pour les symboles circulaires) se traduisait par une augmentation de l'erreur et on en a conclu que les sujets étaient influencés par la longueur entre les bords les plus éloignés des cercles. On peut donc faire ici deux hypothèses :

- la prégnance de la périphérie est moins importante pour des symboles triangulaires ou carrés. Les sujets se réfèrent alors plus facilement aux centres de symboles.
- la prégnance de la périphérie est similaire pour les trois types de formes, mais elle s'exerce sur des objets différenciant graphiquement et perceptivement. Un triangle équilatéral peut être analysé par exemple comme "une figure à trois côtés égaux", c'est-à-dire qu'il est décomposable en éléments. C'est peut-être entre ces éléments repérables (en particulier par leur orientation) et similaires dans les deux triangles stimuli que l'évaluation de la distance a été opérée. Le carré est aussi une figure décomposable en éléments, mais ces éléments se singularisent moins que les éléments du triangle. La prégnance de la forme globale reste alors forte. Quant à la figure circulaire, elle n'est pas décomposable en éléments (1).

Les résultats d'une étude de BITTERMAN et al (1953) semblent conforter cette dernière hypothèse. Ces auteurs ont étudié les déformations perceptives engendrées par de bas niveaux de luminance, pour différentes formes. Les résultats indiquent que le triangle et le carré peuvent être pris pour des cercles, mais que cette déformation est plus fréquente pour le carré. Les caractéristiques graphiques du carré en font donc une forme dont les éléments résistent moins à la déformation que ceux du triangle. Le cercle est toujours vu comme un cercle.

(1) Pour la psychologie de la forme (GUILLAUME, 1937) le cercle est une unité, n'a pas de partie distincte, alors que le triangle ou le carré sont des unités articulées.

E. Effet de l'opacité

L'effet de l'opacité a été mesuré sur des symboles circulaires de taille moyenne, de type périmètre, présentés sous une pente de 30° ; les sujets devaient évaluer les longueurs séparant les bords rapprochés des symboles.

L'opacité n'a pas d'effet significatif sur l'évaluation des longueurs (cf. annexe 8 et tableau 7).



		
Erreur absolue (en NM)	5.76	5.67
Taux d'erreur absolue (en %)	19.3	20.12
Taux d'erreur relative (en %)	14.85	15.70

TABLEAU 7 : Résultats moyens selon l'opacité (pour l'ensemble des longueurs et des sujets)

Il n'y a pas d'effet d'interaction entre longueurs et opacité.

III - CONCLUSION

En vue de comparer différents modes de codage, nous avons choisi une tâche simple, ne demandant pas d'apprentissage spécifique, et, vis-à-vis du contrôle aérien, élémentaire. Ceci a permis d'utiliser une population non entraînée et d'atteindre des processus généraux, s'appliquant donc entre autres aux contrôleurs aériens.

Dans ces conditions, on constate que les variations de certains caractères graphiques influent sur la performance :

- l'erreur croît avec l'augmentation de la pente ;
- l'erreur croît avec l'augmentation de la taille des symboles circulaires ;
- l'erreur est plus forte si l'évaluation est faite entre les centres des symboles circulaires plutôt qu'entre les bords proches ;
- l'erreur varie en fonction de la forme des symboles : le triangle donne lieu à des erreurs moins fortes que le carré, le carré à des erreurs moins fortes que le cercle ;
- l'erreur croît avec l'augmentation de la longueur à évaluer.

Cependant, il se pourrait que, même sur une tâche aussi simple, les contrôleurs aient acquis un surentraînement, se traduisant par de meilleures performances. Les valeurs des erreurs absolues seraient alors moins élevées.

Les résultats confirment la nécessité d'étudier les effets de modifications éventuelles du codage sur les tâches perceptives associées au contrôle du trafic aérien. La tâche expérimentale serait alors non plus l'évaluation d'une longueur "instantanée", mais l'évaluation de longueurs futures séparant des objets en mouvement, c'est-à-dire l'évaluation de la séparation future. A cet égard, les résultats obtenus permettent de sélectionner les variables graphiques les plus pertinentes ; il ne paraît notamment pas nécessaire

d'étudier la variable "opacité", qui est sans effet sur la performance. Les facteurs taille, forme, point de référence, par contre, sont susceptibles d'influer sur la précision des estimations ; un codage utilisant l'un de ces facteurs devrait donc être évalué quant à ses effets sur les opérations perceptives réalisées par les contrôleurs.

BIBLIOGRAPHIE

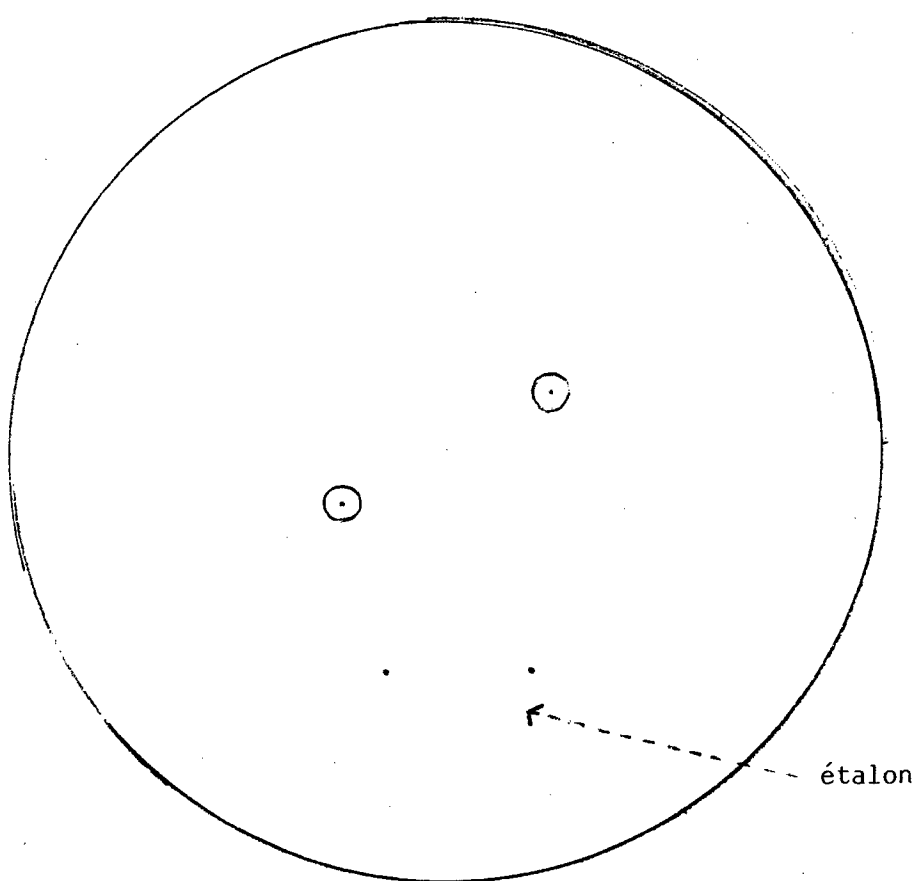
- BISSERET A. et NOBEL J. (1975) - Comparaison des caractéristiques d'emploi des scopes 16' et 21'. Note CENA 75 124. Nov. 1975.
- BITTERMAN et KRAUSKOPF. (1953) - Some determinants of threshold for visual form. WADC Technical Report 53-311 (AD 23337). Wright Patterson Air Force Base. OHIO.
- ENARD C. (1971) - Lecture de distance sur le radar en fonction de la finesse de graduation de l'échelle de mesure. CO 7111 R29.
- GUILLAUME P. (1937) - La psychologie de la forme. FLAMMARION. Ed. 1979.
- HALLIEZ B. et LE GUILLOU M. (1980) - Analyse de l'image radar utile. Rapport CENA R 80-18.
- KUNNAPAS. (1958) - Measurements of subjective length in the vertical-horizontal illusion. Acta Psychologica. 14 - 371-374.
- PIAGET et INHELDER. (1966) - L'image mentale chez l'enfant. PUF.
- PIERON H. (1969) - La psychophysique, in FRAISSE et PIAGET, Traité de Psychologie Expérimentale. Tome II.

A N N E X E S

ANNEXE 1

Exemple de diapositive-stimulus

Dans cet exemple, les symboles sont des cercles, de type périmètre, avec point de référence central, de taille moyenne. La pente est de 30° . La longueur à évaluer est ici égale à 32,8 NM.



CONSIGNE

Plusieurs séries de diapositives vont vous être présentées. Pour chaque diapositive, la tâche que vous aurez à effectuer consistera à évaluer la distance, l'espacement entre deux symboles.

Pour faire cette évaluation, vous aurez comme point de comparaison un étalon (qui sera présenté simultanément sur la diapositive). La taille de cet étalon est fixe pendant toute l'expérimentation. Sa longueur est fixée à 20 unités.

La réponse demandée est donc un chiffre. Ce chiffre ne doit pas être un multiple ou un sous-multiple, mais une évaluation directe. Par exemple, si vous pensez que la longueur à évaluer est le double de la longueur de l'étalon, la réponse sera : 40 (puisque l'étalon vaut 20) et non pas : 2.

L'expérimentation est divisée en trois parties. Avant chaque partie, je donnerai quelques consignes particulières.

Une consigne générale : cherchez la plus grande précision possible.

Consigne pour les parties 1 et 2 : vous devrez évaluer la distance entre les centres des symboles.

Consigne pour la partie 3 : vous devrez évaluer la distance entre les bords les plus proches des symboles.

ANNEXE 3

Effet de la longueur (facteur L) et du type de situation (facteur W) sur l'erreur absolue

- . L_1 correspond à la plus petite largeur, L_9 à la plus grande
- . Les 11 niveaux du facteur "type de situation" renvoient :
 - pour W1 à la case 6 de la figure 1
 - pour W2 " 7 " "
 - pour W3 " 1 " "
 - pour W4 " 8 " "
 - pour W5 " 10 " "
 - pour W6 " 9 " "
 - pour W7 " 11 " "
 - pour W8 " 5 " "
 - pour W9 " 4 " "
 - pour W10 " 2 " "
 - pour W11 " 3 " "

ANALYSE DE LA VARIANCE

SOURCE DE VARIATION	DL	SOMME DES CARRES	CARRES MOYENS	F	
Entre Sujets	27	22055.08	816.85	28.245	S < .001
Entre Mesures L X W	98	41148.96	419.89	14.519	S < .001
Résidu (variance)	1746	26511.88	15.22		
Total	2971	139785.92	50.42		
.....					
L (W 1)	8	4766.02	595.75	20.600	S < .001
L (W 2)	8	3759.91	469.99	16.251	S < .001
L (W 3)	8	5846.49	730.81	25.270	S < .001
L (W 4)	8	1885.71	235.71	8.151	S < .001
L (W 5)	8	2009.87	251.23	8.687	S < .001
L (W 6)	8	3283.05	410.38	14.190	S < .001
L (W 7)	8	1504.27	188.03	6.502	S < .001
L (W 8)	8	2009.87	251.23	8.687	S < .001
L (W 9)	8	1504.27	188.03	6.502	S < .001
L (W 10)	8	4765.84	595.73	20.599	S < .001
L (W 11)	8	7155.08	894.39	30.926	S < .001
.....					
Facteur W	10	2658.58	265.86	9.193	S < .001
Interaction L X W	80	4802.76	60.03	2.076	S < .01
Facteur L	8	33687.62	4210.95	145.608	S < .001
.....					
W (L 1)	10	60.95	6.09	.211	NS
W (L 2)	10	172.47	17.25	.596	NS
W (L 3)	10	75.16	7.52	.260	NS
W (L 4)	10	254.24	25.42	.879	NS
W (L 5)	10	410.68	41.07	1.420	NS
W (L 6)	10	506.53	50.65	1.752	NS
W (L 7)	10	1946.69	194.67	6.731	S < .001
W (L 8)	10	1110.24	111.02	3.839	S < .001
W (L 9)	10	2924.38	292.44	10.112	S < .001

ANNEXE 4

Effet de la longueur (facteur L) et du type de situation (facteur W) sur les taux d'erreurs absolues

Significati

ANALYSE DE LA VARIANCE

SOURCE DE VARIATION	DL	SOMME DES CARRÉS	CARRÉS MOYENS	F	
Entre Sujets	27	16.27	.60	32.698	S < .001
Entre Mesures L X W	98	8.24	.08	4.564	S < .001
Résidu (variance)	2646	48.26	.02		
TOTAL	2771	73.27	.03		
L (W 1)	8	.66	.08	4.484	S < .001
L (W 2)	8	.67	.08	4.559	S < .001
L (W 3)	8	.55	.07	3.755	S < .005
L (W 4)	8	.80	.10	5.436	S < .001
L (W 5)	8	.37	.05	2.493	S < .05
L (W 6)	8	.12	.01	.812	NS
L (W 7)	8	.70	.09	4.780	S < .001
L (W 8)	8	.37	.05	2.493	S < .05
L (W 9)	8	.70	.09	4.780	S < .001
L (W 10)	8	.34	.04	2.204	S < .05
L (W 11)	8	.65	.08	4.484	S < .001
Facteur W	10	2.10	.21	11.380	S < .001
Interaction L X W	80	3.41	.04	2.314	S < .01
Facteur L	8	2.73	.34	18.540	S < .001
W (L 1)	10	.42	.04	2.297	S < .05
W (L 2)	10	.80	.08	4.347	S < .001
W (L 3)	10	.23	.02	1.267	NS
W (L 4)	10	.53	.05	2.865	S < .01
W (L 5)	10	.57	.06	3.095	S < .005
W (L 6)	10	.47	.05	2.553	S < .05
W (L 7)	10	1.21	.12	6.562	S < .001
W (L 8)	10	.46	.05	2.503	S < .05
W (L 9)	10	.81	.08	4.408	S < .001

ANNEXE 5

Effet de la longueur (facteur L) et de la pente (facteur P) sur l'erreur absolue

Niveau $P_1 = 30^\circ$

Niveau $P_2 = 60^\circ$

Niveau $P_3 = 90^\circ$

ANALYSE DE LA VARIANCE					
SOURCE DE VARIATION	DL	SOMME DES CARRES	CARRES MOYENS	F	Signification
Entre Sujets	27	9606.36	355.79	7.912	S < .001
Entre Mesures P X L	26	18058.77	694.57	15.446	S < .001
Résidu (variance)	702	31566.65	44.97		
TOTAL	755	59231.78	78.45		
P (L 1)	2	18.31	9.15	.204	NS
P (L 2)	2	5.83	2.92	.065	NS
P (L 3)	2	.91	.45	.010	NS
P (L 4)	2	3.73	1.87	.041	NS
P (L 5)	2	65.59	32.80	.729	NS
P (L 6)	2	75.34	37.67	.838	NS
P (L 7)	2	171.97	85.98	1.912	NS
P (L 8)	2	83.47	41.73	.928	NS
P (L 9)	2	195.93	97.96	2.179	NS
Facteur L	8	17437.70	2179.71	48.474	S < .001
Interaction P X L	16	329.71	20.61	.458	NS
Facteur P	2	291.36	145.68	3.240	S < .05
L (P 1)	8	5846.49	730.81	16.252	S < .001
L (P 2)	8	4765.84	595.73	13.248	S < .001
L (P 3)	8	7155.08	894.39	19.890	S < .001

ANNEXE 6

Effet de la taille (facteur T) et du point de référence (facteur R) sur les moyennes des erreurs absolues

T_1 = cercle de diamètre égal à 2NM

T_2 = cercle de diamètre égal à 5NM

T_3 = cercle de diamètre égal à 10NM

R_1 = évaluation entre les centres

R_2 = évaluation entre les bords proches

Source de variation	DL	Somme des carrés	Carrés moyens	F	Significa.
Entre sujets	27	1276.580	47.280	12.000	S < .001
Entre mesures T x R	5	139.014	27.800	7.056	S < .01
Résidu (variance)	135	531.900	3.940		
TOTAL	167	1947.490	11.661		
R (T1)	1	26.398	26.398	6.700	S < .05
R (T2)	1	10.272	10.272	2.607	NS
R (T3)	1	0.649	0.649	0.165	NS
Facteur T	2	102.516	51.260	13.009	S < .001
Interaction T x R	2	8.100	4.050	1.028	NS
Facteur R	1	28.396	28.396	7.207	S < .01
T (R1)	2	25.570	12.790	3.245	S < .05
T (R2)	2	85.780	42.890	10.885	S < .005

ANNEXE 7

Effet de la longueur (facteur L) et de la forme (facteur F) sur l'erreur absolue

F₁ = triangle

F₂ = carré

F₃ = cercle

ANALYSE DE LA VARIANCE

SOURCE DE VARIATION	DL	SOMME DES CARRÉS	CARRÉS MOYENS	F	Signification
Entre Sujets	27	6584.92	243.89	7.069	S < .001
Entre Mesures F X L	26	13166.49	506.40	14.720	S < .001
Residu (Variance)	702	24149.81	34.40		
TOTAL	755	43901.22	58.15		
F (L 1)	2	8.86	4.43	.129	NS
F (L 2)	2	8.00	4.00	.115	NS
F (L 3)	2	1.52	.76	.022	NS
F (L 4)	2	16.78	8.39	.244	NS
F (L 5)	2	11.83	5.91	.172	NS
F (L 6)	2	68.23	34.12	.992	NS
F (L 7)	2	265.54	132.77	3.859	S < .05
F (L 8)	2	26.15	13.07	.380	NS
F (L 9)	2	529.93	264.96	7.702	S < .01
Facteur L	8	12229.65	1528.71	44.437	S < .001
Interaction F X L	16	722.67	45.17	1.313	NS
Facteur F	2	214.17	107.08	3.113	S < .05
L (F 1)	8	2395.08	299.39	8.703	S < .001
L (F 2)	8	4710.75	588.84	17.117	S < .001
L (F 3)	8	5846.49	730.81	21.244	S < .001

ANNEXE 8

Effet de la longueur (facteur L) et de l'opacité (facteur O) sur l'erreur absolue

O_1 = périmètre

O_2 = surface

ANALYSE DE LA VARIANCE

SOURCE DE VARIATION	DL	SOMME DES CARRÉS	CARRÉS MOYENS	F	Signification
Entre Sujets	27	4053.08	150.11	7.961	S < .001
Entre Mesures O X L	17	3515.26	206.78	10.966	S < .001
Résidu (variance)	459	8655.39	18.86		
TOTAL	503	16223.74	32.25		
.....					
O (L 1)	1	5.16	5.16	.274	NS
O (L 2)	1	5.16	5.16	.274	NS
O (L 3)	1	15.02	15.02	.796	NS
O (L 4)	1	19.96	19.96	1.058	NS
O (L 5)	1	41.71	41.71	2.212	NS
O (L 6)	1	14.89	14.89	.790	NS
O (L 7)	1	16.34	16.34	.867	NS
O (L 8)	1	4.42	4.42	.234	NS
O (L 9)	1	.16	.16	.009	NS
.....					
Facteur L	8	3392.44	424.05	22.488	S < .001
Interaction O X L	8	121.70	15.21	.807	NS
Facteur O	1	1.12	1.12	.059	NS
.....					
L (O 1)	8	2009.87	251.23	13.323	S < .001
L (O 2)	8	1504.27	188.03	9.972	S < .001

Imprimé en France
par
l'Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique